

# КОРОЗИЙНІ ТА МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ БІНАРНИХ ТА ТЕРНАРНИХ СПЛАВІВ НА ОСНОВІ ЗАЛІЗА ТА КОБАЛЬТУ

Каракуркчі Г.В., Глушкова М.О., Ведь М.В.,  
Срмоленко І.Ю., Гапон Ю.К.

Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»

Досліджено корозійні властивості електролітичних сплавів Fe-Mo та Co-Ag-Mo, осаджених з цитратного та полілігандного цитратно-пірофосфатного електролітів. Встановлено, що покриття сплавом залізо-молібден відрізняється підвищеною мікротвердістю відносно сплавотвірних металів.

Corrosion properties of electrolytic Fe-Mo and Co-Ag-Mo alloys deposited from citrate and polyligand citrate-pyrophosphate electrolytes were studied. It was determined that coating iron-molybdenum alloy has a high value of microhardness.

Загальновідомо використання кобальту як легуючого компонента спеціальних сплавів з високою твердістю і термостійкістю. Сплави кобальту з благородними металами, такі як Co-Ag, Co-Ag-Mo, Co-Pd, мають високу каталітичну активність щодо синтезу великого кола хімічних сполук [1-3]. Жароміцні сплави на основі кобальту застосовують для виготовлення частин двигунів внутрішнього згоряння, турбін, реактивних двигунів, атомно-енергетичних установок. Кобальт входить також до складу ряду магнітних сплавів (Co-Fe, Co-Ni та ін.) [4]. Сталі, леговані кобальтом, а також хромом, нікелем, вольфрамом, молібденом, застосовують в хімічному машинобудуванні для виготовлення апаратури з високим опором щодо лугів та інших хімічних речовин. Водночас молібденвмісні матеріали та сплави відрізняються підвищеною стійкістю до локальних видів корозії.

Розробка екологічно безпечних технологій сплавів та отримання матеріалів із заданими функціональними властивостями та експлуатаційними характеристиками стають все більш актуальними в приладо- та машинобудівній галузях промисловості. Електрохімічні методи синтезу покриттів бінарними та тернарними сплавами забезпечують контроль складу, морфології поверхні та, відповідно, функціональних властивостей матеріалів за рахунок варіювання як складу електроліту, так і режимів електролізу [5]. Тому дослідження спрямовані на встановлення корозійних та механічних властивостей електролітичних сплавів на основі заліза та кобальту є безсумнівно актуальними.

Покриття сплавами осаджували з цитратного (Fe-Mo) та з цитратно-пірофосфатного (Co-Ag-Mo) електролітів, рН розчинів регулювали

введенням натрію гідроксиду або сульфатної кислоти. Покриття сплавом Fe-Mo формували в двох режимах: гальваностатичному при варіюванні густини струму в межах  $0,5 \dots 5 \text{ А/дм}^2$ ; та в режимі імпульсного електролізу при варіюванні частоти  $f=19 \dots 250 \text{ Гц}$ , шпаруватості і амплітуди уніполярного імпульсного струму  $j = 0,5 \dots 10 \text{ А/дм}^2$ . Електроосадження тернарного сплаву Co-Ag-Mo здійснювали в імпульсному режимі при густині струму  $j = 1 \dots 9 \text{ А/дм}^2$ , тривалості імпульсу  $\tau_{\text{и}} = 1 - 10 \text{ мс}$  та паузи  $\tau_{\text{п}} = 5 - 50 \text{ мс}$ . Режими електроосадження (тривалість імпульсу/паузи, густину струму) задавали за допомогою потенціостата ПІ-50-1.1 та програматора ПР-8. Покриття товщиною  $1 \dots 20 \text{ мкм}$  осаджували на підкладку зі сталі Ст.20 (Fe-Mo) та з міді (Co-Ag-Mo).

Корозійні випробування покриттів сплавами Co-Mo та Co-Ag-Mo проводили в розчинах різної мінералізації:  $0,001 \text{ моль/дм}^3$  гідроксиду натрію ( $\text{pH} = 10$ ),  $0,001 \text{ моль/дм}^3$  сульфатної кислоти ( $\text{pH} = 3$ ) та в 3 % розчині хлориду натрію ( $\text{pH} = 7$ ) на фоні  $1 \text{ моль/дм}^3$  сульфату натрію. Перед вимірюваннями комірку попередньо деаерували протягом 15 хв. аргонном високої чистоти. Швидкість корозії визначали методом поляризаційного опору за результатами аналізу поляризаційних залежностей. Мікротвердість покриттів визначали за допомогою мікротвердоміра ПМТ-3 з навантаженням 20 г.

За результатами досліджень було встановлено, що покриття сплавом залізо-молібден не залежно від умов і параметрів електролізу, мають високу корозійну стійкість в корозійних середовищах різної кислотності (таблиця). Показники корозії (потенціал  $E_{\text{cor}}$ , струм  $lg j_{\text{cor}}$ , коефіцієнти Тафеля анодної  $b_a$  і катодного  $b_k$  реакцій корозійного процесу) свідчать, що в кислому і нейтральному середовищах стійкість матеріалу обумовлена дифузійно-кінетичним контролем через утворення бар'єрних оксидів молібдену кислотного характеру. У лужному середовищі спостерігається перехід від кінетичного контролю анодної реакції до дифузійного, що можна пояснити формуванням оксидів і гідроксидів заліза, вплив яких на стійкість матеріалу в кислому середовищі за присутності хлорид-іонів нівелюється.

Корозійну стійкість покриттів сплавом Co-Ag-Mo визначали на підставі аналізу глибинного показника швидкості корозії ( $k_h$ ). У лужному та нейтральному середовищах  $k_h$  складає  $0,002 \dots 0,044 \text{ мм/рік}$ , що дозволяє віднести покриття до групи вельми стійких матеріалів. Оптимальним, з точки зору корозійної стійкості в кислому середовищі є покриття сплавом Co-Ag-Mo з вмістом срібла 10 – 20 % мас. і молібдену 9 – 12 % мас.

Дослідження фізико-механічних властивостей покриттів сплавом Fe-Mo довели, що незалежно від умов їх одержання їх мікротвердість (400-430 Нм) вдвічі вища за залізо (200-240 Нм), що віддзеркалює доцільність та перспективи застосування для відновлення сталевих виробів.

**Таблиця – Вплив режимів та температури електролізу на корозійну стійкість покриттів сплавом Fe-Mo**

рН корозійного середовища	Показники корозії	Режим					
		імпульсний			стаціонарний		
		Температура електролізу					
		20	30	40	20	30	40
2,6	$lg j_{cor}, A/дм^2$	-4,49	-4,6	-4,7	-3,7	-3,75	-3,8
	$E_{cor}, B$	-0,28	-0,27	0,26	-0,29	-0,28	0,29
	$b_{к}, MB$	70	80	100	200	120	60
	$b_{a}, MB$	80	80	50	30	30	30
6,35	$lg j_{cor}, A/дм^2$	-5,5	-5,75	-5,9	-5,6	-5,6	-5,7
	$E_{cor}, B$	-0,35	-0,37	0,37	-0,35	-0,31	0,29
	$b_{к}, MB$	160	200	200	160	200	200
	$b_{a}, MB$	60	70	60	60	60	60
10,8	$lg j_{cor}, A/дм^2$	-5,75	-6,0	-5,8	-5,6	-5,65	-5,5
	$E_{cor}, B$	-0,52	-0,47	0,55	-0,4	-0,45	-0,4
	$b_{к}, MB$	100	100	100	100	100	100
	$b_{a}, MB$	140	60	250	100	100	100

Таким чином, в результаті експериментальних досліджень встановлено, що бінарні та тернарні електролітичні сплави на основі заліза та кобальту за фізико-механічними та корозійно-електрохімічними властивостями можуть знайти застосування як захисні та зносостійкі покриття.

1. Ведь М.В., Сахненко Н.Д., Глушкова М.А. Каталитическая активность покрытий на основе переходных металлов // Энерготехнологии и ресурсосбережение. – 2012. – № 13. – С. 38 – 43.
2. Glushkova M., Bairachna T., Ved M., Sakhnenko M. Electrodeposited Cobalt Alloys as Materials for Energy Technology // MRS Proceeding. – USA: Cambridge University Press. – 2013. – Vol. 1491. – mrsf12-1491-c08-15 doi:10.1557/opl.2012.1672.
3. Ved M., Glushkova M., Sakhnenko N. Catalitic properties of binary and ternary alloys based on silver // Functional Materials. – 2013. – Vol. 20, №1. – P. 87 – 91.
4. Глушкова М.О., Ведь М.В., Гапон Ю.К. Магнітні властивості електролітичних покриттів сплавами кобальту // Проблеми корозійно-механічного руйнування, інженерія поверхні, діагностичні системи: Матеріали XXII Відкритої науково-технічної конференції молодих науковців і спеціалістів КМН – 2011. – Львів: ФМІ, 2011. – С. 129 – 132.
5. Ведь М.В., Сахненко М.Д. Каталітичні та захисні покриття сплавами і складними оксидами: електрохімічний синтез, прогнозування властивостей: монографія. – Харків: НТУ «ХПІ», 2012. – 272 с.